

Oskari Väänänen

Lujitustöiden laadunseurannan kehittäminen maanalaisessa rakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työjohto

Opinnäytetyö

10.11.2016

ALKULAUSE

Tämä innovaatioprojekti toteutettiin Lemminkäinen Infra Oy:n toimeksiantona. Lemminkäinen Infra Oy:n työmaapäällikkö Pentti Nieminen ja projekti-insinööri Tapio Mettänen toimivat innovaatioprojektin ohjaajina. Metropolia Ammattikorkeakoulun valvojaopettajana toimi lehtori Jouni Ruotsalainen.

Kiitos kaikille opinnäytetyön kanssa auttaneille.

Helsingissä 10.11.2016

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Oskari Väänänen Lujitustöiden laadunseurannan kehittäminen maanalaisessa rakentamisessa 23 sivua + 6 liitettä 10.11.2016
Tutkinto	Rakennusmestari
Koulutusohjelma	Rakennusalan työjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaaja(t)	Työmaapäällikkö, Pentti Nieminen Projekti-insinööri, Tapio Mettänen Lehtori, Jouni Ruotsalainen
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää maanalaisissa lujitustöissä käytettäviä pöytäkirjoja ja luoda ohjeistukset työntekijöille lujitustöistä. Työ toteutettiin Lemminkäinen Infra Oy:n toimeksiantona.</p> <p>Maanalla tehtävien lujitustöiden laadunseuranta pystytään yksinkertaistamaan kehittämällä jo olemassa olevia pöytäkirjoja ja luomalla ohjeistuksia. Näillä helpotuksilla pystyttäisiin vähentämään työjohtajien työ määrää laadunseurantaan liittyen ja varmistamaan sen, että työntekijät ovat tietoisia työvaiheiden laatuvaatimuksista ja oikeellisista suoritustavoista. Työssä käytiin läpi myös yleistä opinnäytetyön projektilla tehtävistä lujitustöistä ja niiden laadunvarmistus toimenpiteistä. Opinnäytetyön aineisto koottiin alan kirjallisuudesta, rakennusselostuksesta ja työmaalla tehdyistä haastatteluista.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin dokumentteja ja ohjeita pulttitukseen, ruiskubetonisalojittukseen ja ruiskubetonointiin liittyen, joilla voidaan vähentää laadunseurannan aiheuttamaa työ määrää ja varmistettua, että laatuvaatimukset täyttyvät. Tuloksena saatiin myös lujitustöiden aikataulutukseen liittyviä ja muiden työvaiheiden kanssa yhteen sovittavia tekijöitä selkeämmiksi.</p>	
Avainsanat	Ruiskubetonointi, pultitus, ruiskubetonointisalojitus, dokumentointi

Author(s) Title Number of Pages Date	Oskari Väänänen Development of the reinforcement work quality control in underground construction 23 pages + 6 appendices 10 November 2016
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Management
Specialisation option	Environmental Construction
Instructor(s)	Pentti Nieminen, Project Manager Tapio Mettänen, Project Engineer Jouni Ruotsalainen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis is to develop documents and create instructions for reinforcement workers in underground construction. The thesis was commissioned by Lemminkäinen Infra Ltd.</p> <p>Reinforcement works that are conducted underground can be simplified by developing existing documents and by creating instructions. With these facilitations, foremen's workload in quality control could be reduced, workers' awareness about quality requirements set for different work phases as well as correct procedures would be increased. The thesis also views reinforcement works in general and related quality assurance procedures. The information for this thesis was gathered from literature sources, building specification and through interviews conducted on a construction site.</p> <p>As a result, documents and instructions were produced regarding rock bolting, covered shot concrete drain and shot concrete, which can help reduce the workload caused by quality control and ensure that quality requirements are fulfilled. Furthermore, factors related to scheduling reinforcement works were clarified as well as their timing with other work phases on an underground construction site.</p>	
Keywords	Shot concrete, bolting, documentation

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Lemminkäinen Infra Oy	1
1.2	Työn taustat	1
1.3	Työntavoite ja tutkimusmenetelmät	1
2	Lujitustyöt	3
2.1	Pultitus	3
2.1.1	Pulttityypit	4
2.1.2	Pultitustyön suoritus	6
2.2	Kalliotilojen salaojitus	8
2.2.1	Ruiskubetonisalaojitus	9
2.2.2	Ruiskubetonisalaoituksen suoritus	9
2.3	Ruiskubetonointi	11
2.3.1	Ruiskubetoni	11
2.3.2	Ruiskubetonoinnin suoritus	12
3	Työsuunnitelma	17
3.1	Alkutilanne	17
3.2	Kehitettävät kohteet	17
3.2.1	Ohjeet	17
3.2.2	Pöytäkirjat	18
4	Toteutus	18
4.1	Prosessi	18
5	Pohdinta	20
6	Yhteenveto	21
	Lähteet	22

Liitteet salattuja.

Sanasto

Hukkaroiske

Ruiskubetonoidessa syntyvää irtonaista betonia, joka ei ole jäänyt kiinni ruiskutettavaan kohteeseen.

Hukkaroiskesulkeuma

Ruiskubetonoidessa hukkaroiskeena syntyvä irtonaisten kivien ja heikon betonin muodostama tila esimerkiksi raudoiteverkon ja kallion välissä.

Keskitin

Harjateräspulttiin asennettava metallinen kappale, joka pitää pultin keskellä porattua reikää suojakerroksen varmistamiseksi pultin ja kallion välillä.

Systemaattinen pultitus

Kalliotiloissa, halleissa ja tunneleissa tehtävä järjestelmällinen pultitus, jossa pulttien asennusvälit ja pituudet ovat määrätty suunnitelmissa.

1 Johdanto

1.1 Lemminkäinen Infra Oy

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Lemminkäinen Infra Oy. Lemminkäinen Infra Oy on yksi Pohjois-Euroopan suurimmista infrarakentajista. Se tarjoaa palveluita maanalaisesta rakentamisesta laajaan maanpäälliseen toimintaan. Lemminkäinen Infra Oy on osa Lemminkäinen konsernia, joka työllisti vuonna 2015 4800 henkilöä. Liikevaihto vuonna 2015 oli 1 879,0 milj. euroa. Lemminkäinen Infra Oy:n asiakkaita ovat teollisuus- ja liikeyritykset, kunnat ja kaupungit, sekä valtiohallinnon organisaatiot. [1.]

1.2 Työn taustat

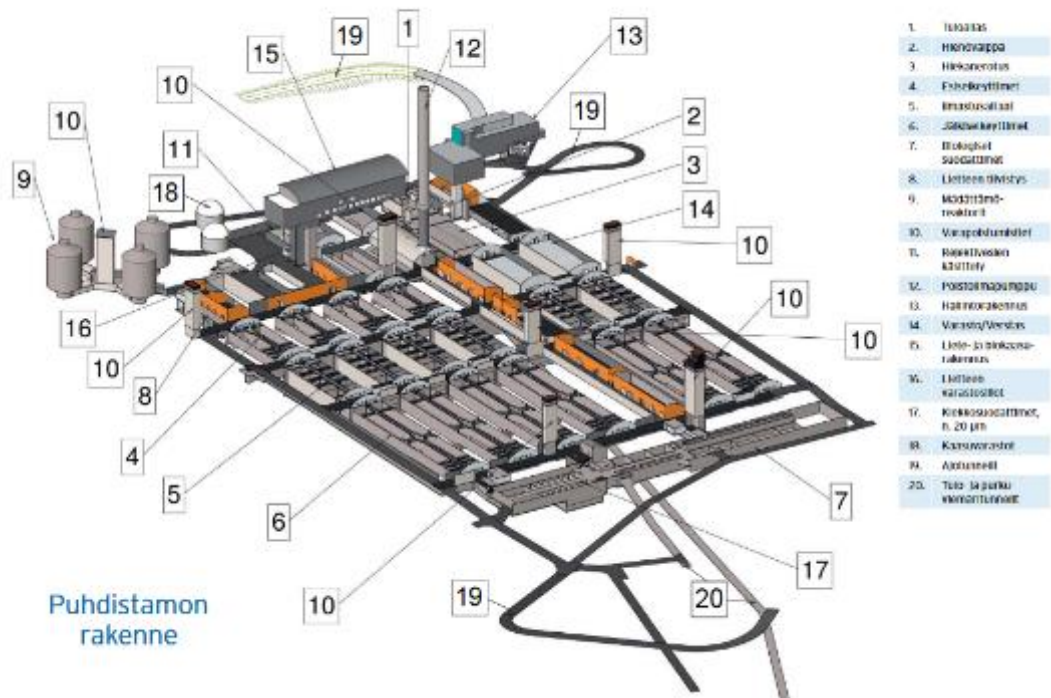
Lemminkäinen Infra Oy toimii pääurakoitsijana Blominmäen jätevedenpuhdistamon louhintatyömaalla. Suurin osa louhintatöistä tapahtuu maan alla halleissa ja tunneleissa. Louhintatöiden lisäksi työmaalla tehdään lujitustöitä Lemminkäinen Infra Oy:n (ruiskubetonointi) ja aliurakoitsijoina toimivien Berona Oy:n (pultitus) ja Vipcomi Oy:n (ruiskubetonisalaajitus) toimesta. Lujitustöistä tulee esittää tilaajalle dokumentit työn suorituksesta. Dokumentteja ja ohjeistusta kehittämällä voitaisiin helpottaa laadunseurantaa ja dokumenttien täyttämistä.

1.3 Työn tavoite ja tutkimusmenetelmät

Työn tavoitteena on tehdä selkeä ohjeistus työntekijöille pultituksesta, ruiskubetonisalaajituksesta ja ruiskubetonoinnista ja kehittää pöytäkirjoja kyseisiin töihin liittyen, jolloin mm. pultitetun ja ruiskubetonoidun alueen paikantaminen helpottuu. Tilaajan vaatimat dokumentit on kehitetty jo työmaan alkaessa, mutta urakoitsijan näkökulmasta niitä voidaan kehittää selkeälukuisemmiksi. Opinnäytetyössä selvitetään oikeellinen töiden toteutustapa käyttäen alan kirjallisuutta ja rakennusselostusta

1.4 Työmaa

Blominmäen jätevedenpuhdistamo tehdään lähestulkoon täysin maanalle, jonka vuoksi sen vaatimat louhinnat ovat massiiviset. Louhittavaa massaa on n. 880 000 m³, pultteja 90 000 kpl, salaojia 33 000 m ja ruiskubetonia 35 000 m³. Pääurakoitsijana toimii Lemminkäinen Infra Oy, rakennuttajana Sito Oy ja tilaajana HSY. Urakkahinta on 80 miljoonaa euroa. Louhintaurakka alkoi syyskuussa 2015 ja on tarkoitus valmistua tammi-kuussa 2018. Louhintojen jälkeen alkaa varsinainen jätevedenpuhdistamon rakentaminen, jonka on tarkoitus valmistua vuonna 2020.



Kuva 1 Blominmäen jätevedenpuhdistamo (1)

2 Lujitustyöt

Kalliotiloissa tehdään lujitustöitä, joilla varmistetaan, että tila on turvallinen sitä rakennettaessa ja sitä käytettäessä. Tässä opinnäytetyössä tullaan käsittelemään projektikohteessa lujitustöistä suurimmassa osassa olevia: pultitusta, ruiskubetonisaloitusta ja ruiskubetonointia.

2.1 Pultitus

Kallion pultituksen tarkoituksena on vahvistaa kalliota kiinnittämällä kalliolohkot toisiinsa siten, että kalliomassa kestää itsenäisenä rakenteena siihen tulevat kuormitukset ja sen muodonmuutokset pysyvät sallituissa rajoissa. [2.]



Kuva 2 Porajumbo poraamassa pulttinreikiä (2)

Kalliota lujitetaan pultittamalla ennen louhintatöitä (ennakkopultitus), louhintatöiden aikana (väliaikainen pultitus) ja louhintatöiden jälkeen (lopullinen pultitus) annettujen suunnitelmien tai rakennuspaikalla annettujen määräysten mukaan. Kalliolaadun ja ympäristöolosuhteiden salliessa kalliota ei tarvitse pultittaa systemaattisesti, tällaiset alueet on määriteltä suunnitelma-asiakirjoissa. [2.]

Ennen louhinnan aloittamista suoritettava pultitus on ennakkopultitusta. Ennakkopultit asennetaan kohteisiin, joissa halutaan varmistaa, että tietty kallion kohta pysyy paikallaan louhinnan aikana lopulliseen lujitukseen saakka. [2.]

Työnaikaista pultitusta käytetään, kun kallion laatu on rakennuspaikalla heikko tai halutaan varmistaa, ettei kallion laatu heikkene. Opinnäytetyön projektilla tähän käytetään yhdistelmäpultteja, jotka voidaan asentaa nopeasti ja ne alkavat kantaa välittömästi kalliota. Työnaikainen pultitus voidaan laskea lopulliseksi lujitukseksi suunnittelijan toimesta, jos se täyttää lopulliselle lujitukselle asetetut vaatimukset. [2.]

2.1.1 Pulttityypit

Pulttityypit jaetaan yleensä kolmeen kategoriaan: juotospultit (harjateräspultti, lasikuitupultti ja jännepunospultti), mekaanisesti kärkiankkuroidut pultit (yhdistelmäpultti ja kiilaankkuroitu pultti) ja muut pulttityypit (porapultti, kitkapultti ja myötäävä pultti). Edellä mainituista tässä opinnäytetyössä käsitellään pääosin projektikohteessa käytössä olevia pultteja; harjateräspultteja ja yhdistelmäpultteja. [2.]

Harjateräspultti

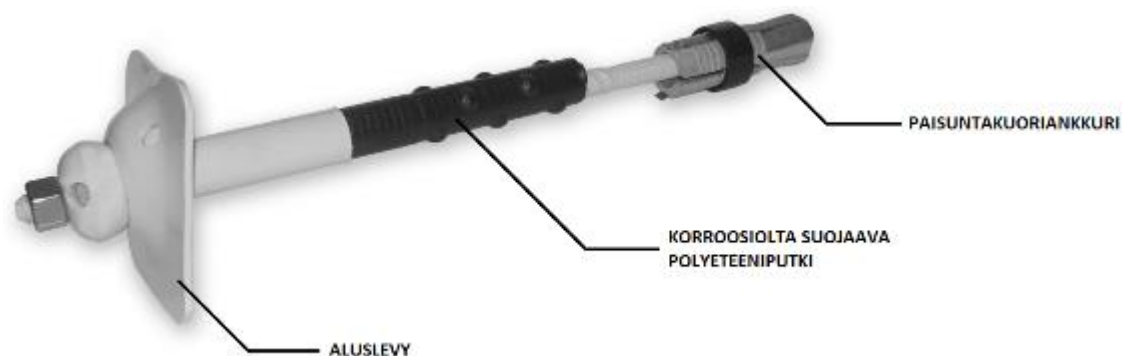
- Jännittämätön pultti, joka juotetaan koko pituudeltaan sementtilaastilla.
- Pultin ollessa juotettu koko pituudeltaan, ottaa siirtymän kohta pultissa muodonmuutoksesta aiheutuvan voiman.
- Passiivinen pultti, jonka tukivaikutus alkaa vasta kallion muodonmuutoksien kuormittaessa pulttia.
- Harjateräspultti, joka on juotettu sementtilaastilla, on Suomen yleisin lopulliseen lujitukseen käytettävä kalliopultti.
- Pultin tulee täyttää standardin SFS 1268 /4/ betoniteräkselle asettamat vaatimukset, ja sen tulee olla SFS-sertifioitu.
- Opinnäytetyön projektilla yleisimmin käytettävä harjateräspultin halkaisija on 25 mm, mutta myös 20 mm ja 32 mm harjateräspultit ovat ajoittain käytössä. [2.]



Kuva 3 Harjateräspulttivarasto (2)

Yhdistelmäpultti

- Jännitetty pultti, joka on kiinnitetty kallioon pultin kärjessä olevalla ankkurilla. Pulttiin tehdään esijännitysvoima asennusvaiheessa aluslevyn ja kiristysmutterin avulla.
- Pultti on kiinnitetty kahdesta pisteestä, jolloin niiden välissä tapahtuvat kalliomasan muodonmuutoksista aiheutuva voima jakautuu koko pultin pituudelle.
- Aktiivinen pultti, joka tulee kalliota välittömästi asennuksen jälkeen.
- Yhdistelmäpultti voidaan juottaa asennuksen jälkeen injektoimalla kallion ja pultin väliin jäävä tila.
- Yhdistelmäpultti on myös usein varustettu pultin tankoa ympäröivällä muoviputkella suojaamaan pulttia korroosiolta.
- Voidaan juottaa myöhemmin tai välittömästi esijännityksen jälkeen, mutta silloin sen asennus nopeuden tuoma etu häviää.
- Yhdistelmäpultteja käytetään paikoissa, joissa tarvitaan sekä välitöntä, että lopullista lujitusta. [2.]



Kuva 4 Yhdistelmäpultin rakennekuva (3)

2.1.2 Pultitustyön suoritus

Kun pultitustyö toteutetaan ohjeiden ja rakennusselostuksen mukaisesti, täyttyvät laatuvaatimuksetkin. Seuraavaa suoritustapaa noudattamalla laadunvarmistus ja -seuranta helpottuvat:

Pultti asennetaan porattuun reikään, jonka halkaisija on vähintään 1,5 kertaa pultin halkaisija, sekä vähintään 10 mm suurempi kuin pultin halkaisija. Poratun reiän pituus tulee olla vähintään 50 mm pidempi, kuin pultin pituus. Projektikohteessa reiät porataan joko 48 mm tai 52 mm:n porakruunulla, jolloin 25 mm halkaisijaltaan olevan asettamat vähimmäisvaatimukset täyttyvät. [2.]

Ennen reikään asennusta pulttiin laitetaan keskittimiä 1kpl/1,5 m tasaisin välein, kuitenkin vähintään 3 kpl/pultti. Keskittimellä on oltava tukipinta kallioon vähintään kolmessa eri suunnassa, eikä keskitin saa vaurioittaa pultin pinnoitetta. [3.]

Pultin ja kallion lämpötilan on oltava vähintään +5 °C, kunnes juotoslaasti on saavuttanut 5 MPa:n lujuuden. Projektikohteessa maanalainen lämpötila halleissa ja tunneleissa pysyy suotuisana ympäri vuoden, jolloin lujuudenkehitys ei häiriinny lämpötiloista. [2.]

Ennen pultin asennusta porattu reikä huuhdellaan vedellä, alaspäin suuntautuva reikä tyhjennetään vedestä paineilmalla. Asennustyö aloitetaan täyttämällä porattu reikä sementtilaastilla reiän pohjalta alkaen. Täyttöletku vedetään ulos reiästä tasaisesti siten, että reikä täyttyy tasaisesti, eikä sinne jää ilmapälejä. Reikä täytetään sementtilaastilla

koko reiän matkalta, jos pulttia asennettaessa havaitaan ilmataskuja, tulee reiän juotos tehdä uudelleen. [2.]

Pultti työnnetään sementtilaastilla täytettyyn reikään yhtäjaksoisesti ja tasaisesti. Pulttia ei saa vetää edestakaisin, taivuttaa, eikä sitä ei saa lyödä tai iskeä. Pulttia työnnettäessä reiän tulee olla täynnä sementtilaastia ja sitä tulee olla pultin ympärillä koko matkalla. [2.]

Kun pultti on asennettu, saa ulosjäävä osuus olla korkeintaan 20 mm kalliopinnasta. Pultti ei saa kuitenkaan olla pohjaa vasten, vaan pohjaan on jätettävä riittävä suojabetonikerros. Pulttien tulee olla häiriöttömiä siihen saakka, että sementtilaasti on lujittunut. Näin ollen myöskään räjäytystöitä ei voida suorittaa pultitettavan alueen välittömässä läheisyydessä (vähintään 40 m alueesta), ennen kuin pultti on saavuttanut 30 MPa:n puristuslujuuden (eikä tätä ennen pultille annettu heilahdusarvo saa ylittyä). [2.]



Kuva 5 Pultitustyöhön vaadittavaa kalustoa (2)

Vettä vuotavaan pultinreikään ei saa asentaa juotettua harjateräspulttia, vaan reikä ja sitä ympäröivät kallioraot injektoidaan ensin kuivaksi, jonka jälkeen reikä porataan auki. Vaihtoehtoisesti injektoidun reiän viereen porataan uusi reikä tai jos vesivuoto ilmenee jo porauksen aikana, voidaan sen viereen porata välittömästi uusi reikä. [3.]

Yhdistelmäpultti asennetaan porattuun reikään ja kiristämällä paisuntakuorianankkuri siten, että pultti pysyy reiässä ja kannattaa kalliota aluslevyllä. Pultti juotetaan jälkikäteen, jolloin se voi täyttää lopullisellekin rakenteelle asetetut vaatimukset. [2.]

Opinnäytetyön projektikohteella varmistetaan edellä mainittujen työvaiheiden laatu työmaalla sitoutumisvaiheessa tehtävällä vetokokeella ja sementtilaastille tehtävällä kokeella. Sitoutumisvaiheessa tehtävässä vetokokeessa asennettu harjateräspultti vedetään tasaisesti ulos reiästä ja tarkistetaan, että laasti ympäröinyt pultin joka kohdasta. Sementtilaastille tehtävässä kokeessa juotosmassasta otetaan yksi koekappale jokaista 200 pulttia kohden, sekä juotosmassan reseptin muuttuessa. Koekappaleen puristuslujuus todetaan standardin SFS-EN 12390-3 /18/ mukaisessa koestuslaitoksessa. [2] [3.]



Kuva 6 Koekappaleita juotoslaastista (2)

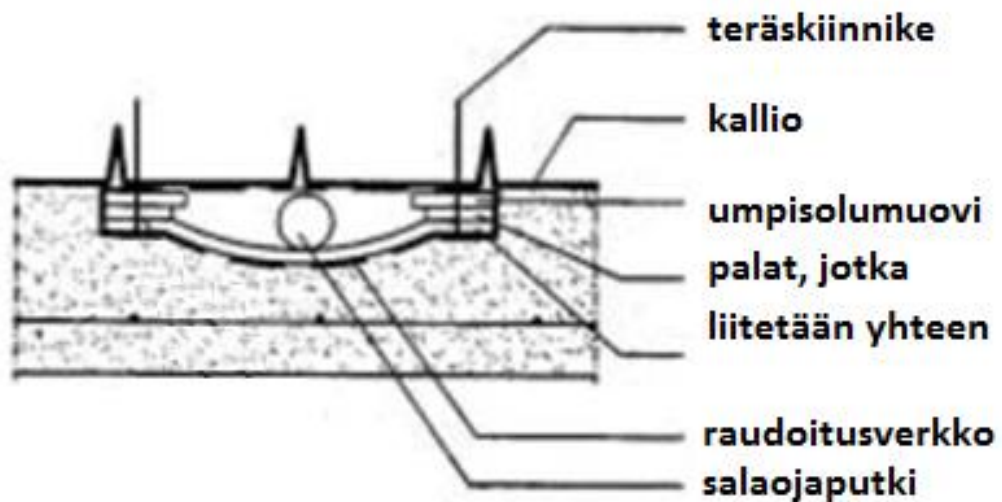
2.2 Kalliotilojen salaojitus

Salaojittamalla pyritään estämään hydrostaattisen paineen aiheuttamaa pohjaveden virtausta kalliotiloissa. Opinnäytetyön projektilla kallion salaojitus toteutetaan ruiskubetoni-salaojituksella, jossa pohjaveden virtaamista kalliotiloissa ohjataan vuotokohtiin asennettavilla salaojarakenteilla. Salaojitusta voidaan toteuttaa myös kallion sisäisenä, jossa kallio kuivataan tilan ulkopuolelle poratuilla rei'illä. [4.]

2.2.1 Ruiskubetonisalaajitus

Pistevuodot kalliossa, jotka saattavat aiheuttaa vesivuotoja vielä ruiskubetonoinnin jälkeenkin, ehkäistään asentamalla ruiskubetonisalaajia kallion pintaan [4].

Ruiskubetonisalaajan toiminta perustuu salaojan asentamiseen kalliossa esiintyvien vuotokohtien päälle. Salaoja koostuu salaojaputkesta, jota pitkin vesi pystyy virtaamaan ja 500 mm leveästä umpisolumuovi suikaleesta, joka kerää vedet putkeen koko salaojan pituudelta. Salaoja rakenne kiinnitetään kallioon rauditusverkoilla, jotka kiinnitetään kallioon teräskiinnikkeillä. [5.]



Kuva 7 Ruiskubetonisalaajan rakennekuva (4)

2.2.2 Ruiskubetonisalaajituksen suoritus

Kun salaojitus toteutetaan ohjeiden ja rakennusselostuksen mukaisesti, täyttyvät laatuvaatimuksetkin. Seuraavaa suoritustapaa noudattamalla laadunvarmistus ja -seuranta helpottuvat:

Ruiskubetonisalaajitus aloitetaan pesemällä kallion pinta huolellisesti, jolloin varmistetaan, etteivät irronnut pöly ja lika tuki väliaikaisesti vuotavia rakoja. Kun kalliopinta on

kuivunut, tulee tilaajan määrittämä suunnittelija katselmoimaan salaojien paikat (ohjeellinen asennustiheys projektikohteessa on keskimäärin 4 metriä), vuotavat kohdat tunnelin holvista ja seinistä ja merkkeämään linjan, jolle salaoja asennetaan. [3.]

Kun salaojien paikat on saatu määritettyä, käydään salaojittajan kanssa läpi paikat, joihin salaojat tulee asentaa. Tärkeimpiä asioita, joita tässä vaiheessa tulee selvittää, on mihin linjaan salaojat tulevat, tuleeko salaojaan oksia ja mihin korkoon salaojien päät tulevat. TAS:n mukana tulee suunnittelija laatima kartta kyseisestä alueesta, josta annetaan kopio salaojittajalle. [6.]

Koko tunnelin/hallin profiiliin asennettavien ruiskubetonisalaojien tulee peittää vuotokohdat ja viettää alaspäin siten, että vesi virtaa tunnelin laidoille, eikä holviin jää pistevuotoja. Salaojittajan tulee työtä suorittaessa etsiä linja, johon salaoja asennetaan siten, että veden alaspäin virtaaminen toteutuu. Salaojia jatkettaessa tulee salaojaputket liittää muhvi-jatkoksella. [6.]

Ennen ruiskubetonoinnin aloittamista, tulee salaojien alapäihin asettaa jätesäkit suojaamaan roiskeilta. Työstä tehdään itselleluovutus, jossa katsotaan, että työ on suunnitelmien mukaan tehty, eikä vuotokohtia enää esiinny. Tämän jälkeen työn tulos käydään tarkistamassa valvojan kanssa ennen ruiskubetonoinnin aloittamista. [6.]



Kuva 8 Valmiita ruiskubetonisalaojia (2)

2.3 Ruiskubetonointi

Ruiskubetonointi menetelmiä on kaksi; kuivaseos- ja märkäseosmenetelmä. Tässä opin- näytetyössä käsitellään ainoastaan märkäseosmenetelmää, joka oli myös projektikoh- teessa käytettävä menetelmä. [7.]

Ruiskubetonoinnissa betonia ruiskutetaan paineilman avulla betonointikohteeseen. Sitä käytetään kohteissa, joissa on ahdasta, eikä raudoitukselle tai muotitukselle ole tilaa. Tunnelityössä ruiskubetonointi on korvaamaton tunnelin seinämien ja katon lujitusmene- telmä. Muita paljon käytettyjä ruiskubetonointi kohteita ovat betoni- ja tiilirakenteiden kor- jaustyöt sekä muut kallionvahvistustyöt. Ruiskubetonia on myös mahdollista käyttää pai- kallavalukohteiden pintarakenteissa ja muiden betonituotteiden valmistuksessa. [7.]

2.3.1 Ruiskubetoni

Ruiskubetoni eroaa monilta osin normaalista valubetonimassasta, perusseos on kuiten- kin sama valu- ja ruiskubetonissa. Ruiskubetonimassan maksimi raekoko on yleensä 8 mm, jonka vuoksi sementti määrä on suurempi, yleisesti 400–500 kg/m³. Kallionvahvis- tuskohteet ovat haastavia raudoittaa, jonka vuoksi raudoitus korvataan usein, kalliola- adun salliessa, käyttämällä kuituja ruiskubetonimassassa. Projektikohteessa kuidut ovat teräskuituja. On kuitenkin tilanteita, joissa raudoitusta ei voida korvata täysin kuiduilla, esimerkiksi projektikohteessa halleissa olevia ruhjealueita on raudoitettu, kallion kanta- vuuden varmistamiseksi. Raudoitettua aluetta ruiskuttaessa tulee varmistaa, ettei kallion ja raudoitteen väliin jää rakoja, joihin betoni ei pääse. [7.]

Märkäseosmenetelmässä voidaan käyttää samoja lisäaineita kuin valubetonissa. Pro- jektikohteessa ruiskubetonimassassa käytetään mm. notkistimia, kiihdyttimiä, tiivistysai- neita ja teräskuituja. Ruiskubetonissa käytettävillä lisäaineilla varmistetaan, että massa on helposti työstettävää, lujuudenkehitys on nopeaa ja että vaadittu loppulujuus saavu- tetaan mahdollisimman pian. [7.]

Lujuudenkehitys alkaa välittömästi ainesosien sekoituksen yhteydessä, katalyyttinä tässä käytetään kiihdyttimiä. Kovettumisreaktion aikana tulee huolehtia betonin kosteu- desta ja lämpötilasta, jotta kuivumisesta aiheutuvaa halkeilua tai häiriötä lujuudenkehi- tyksessä ei esiinny. Projektikohteessa työtilana toimii maan alla oleva kalliotila, jossa ilmanlämpötila pysyy suotuisana betonin lujuudenkehitykselle ympäri vuoden. [7.]

2.3.2 Ruiskubetonoinnin suoritus

Kun ruiskubetonointi toteutetaan ohjeiden ja rakennusselostuksen mukaisesti, täyttyvät laatuvaatimuksetkin. Seuraavaa suoritustapaa noudattamalla laadunvarmistus ja -seuranta helpottuvat:

Ennen ruiskubetonoinnin aloittamista tulee betonin, kiihdyttimien, kalliopinnan ja mahdollisten raudoitteiden lämpötila tarkistaa. Kalliopinnan ja raudoituksen tulee olla vähintään $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja enintään $+38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Betonin lämpötilan tulee olla vähintään $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja enintään $+32\text{ }^{\circ}\text{C}$, mutta ruiskuttaessa n. $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, eikä sen lämpötila saa laskea alle $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ennen kuin 5 MPa :n lujuus on saavutettu. Ruiskubetonin lisäaineena käytettävän kiihdyttimen lämpötilan tulee olla vähintään $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kiihdyttimen tehon lisäämiseksi, on suositeltu lämpötila $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ välillä. [7]

Kaikki ruiskutettavalla alueella ja sen läheisyydessä olevat varustelut, materiaalit ja kalusto tulee siirtää pois tai vähintäänkin suojata ruiskubetonilta ja siltä syntyvältä hukkaroiskeelta.

Suutin tulee suunnata kohtisuoraan ruiskutettavaan pintaan ja suuttimen ja pinnan välinen etäisyys tulee olla n. $1,5\text{ m}$. Näillä varmistetaan, että kerroksesta tulee hyvin tiivistynyt ja halutun paksuinen, raudoitteet peittyvät ja että hukkaroiskeita syntyy mahdollisimman vähän. Mitä enemmän poikkeamaa näissä tulee, sitä enemmän on riskiä, että hukkaroiskeiden määrä kasvaa ja ruiskubetonin laatu heikkenee. Poikkeuksena tässä on kuitenkin raudoitetun kalliopinnan ruiskutus. Kallion ollessa raudoitettu, suuttimen tulee olla pienessä kulmassa ja lähempänä ruiskutettavaa pintaa, jolloin myös raudoituksen ja kallion väliin jäävä tila täyttyy betonilla. [7.]

Epäsäännölliselle, esimerkiksi louhitulle kalliopinnalle ruiskutettaessa voi olla tarpeen tehdä ylimääräinen tasoituseros tai ns. täyttöruiskutuksia, joissa kallioon jääneet suuremmat kuopat täytetään ruiskubetonilla. Täytöt on hyvä suorittaa jo ennen ruiskubetonisalojituksia erillisenä työvaiheena, jolloin myös salaojien vedenvirtaaminen alaspäin kuopan kohdaltakin varmistuu. [7.]

Ennen lopullisen ruiskubetonipinnan ruiskutusta, tulee salaojat peittää 30 mm:n kuiduttomalla kerroksella ruiskubetonia, jotta ojat pysyvät ehjinä ja kiinnittyvät paremmin kalliopintaan [3].

Tehokkaalla kiihdyttimellä, oikealla massan suhteituksella ja ruiskutustekniikalla, voidaan ruiskuttaa paksujakin kerroksia. Kerrospaksuudet ruiskubetonille määrittelee mm. kallion laatu ja kohteen käyttötarkoitus, päätös kerrospaksuudesta tulee suunnittelijalta. Projektikohteessa turvaruiskubetonoinnissa käytettävä kerrospaksuus on pääosin 50 mm ja lopullisen ruiskubetonin kuidullinen kerrospaksuus vaihtelee 40 mm ja 260 mm välillä. Viimeisimpänä ruiskutetaan kuiduton kerros, jolla suojataan teräskuidut korroosiolta. [3] [7.]

Projektikohteessa lopulliseksi rakenteeksi laskettavan ruiskubetonin rakennepaksuus kerralla ruiskutettuna on enintään 40 mm, jonka vuoksi ruiskutus tapahtuu monesti useammassa kerroksessa. Seuraavaa kerrosta ruiskutettaessa, tulee varmistaa, että edellinen kerros on saavuttanut riittävän lujuuden (5 MPa:n lujuus) ja että edellinen kerros on puhdistettu korkeapainepesulla. [3]

Hukkaroiskeen määrä tulee pyrkiä minimoimaan kustannus syistä ja jotta hukkaroiske-sulkeumia ei synny. Mm. betonin koostumus, suuttimen kulma, etäisyys ruiskutettavasta pinnasta, kiihdyttimen määrä, ruiskutettava pinta-ala, ovat tärkeitä vaikuttavia tekijöitä hukkaroiskeeseen liittyen. Hukkaroiskeet tulee poistaa ympäröiviltä alueilta, raudoitteista ja kallionpinnasta ruiskubetonoinnin jälkeen. [7.]

Ruiskubetonin lujuudenkehitys varmistetaan betonimassaan lisättävillä lisäaineilla, pitämällä ruiskubetonin ja ruiskubetonoidun tilan lämpötila yli +5 °C:n ja jälkihoitamalla betonia. Jälkihoito menetelmänä kalliotiloissa käytetään betonipinnan kastelua, vähintään kaksi kertaa vuorokaudessa kahden viikon ajan, plastisten kutistuman minimoimiseksi. Lämpötila kalliotiloissa harvoin laskee alle +5 °C:n, jolloin lämpötilan aiheuttamat ongelmat ovat vähäisiä. Kun ruiskubetoni on saavuttanut 5 MPa:n lujuuden, saadaan sen lähettyvillä porata ja räjäyttää, ilman betonin lujuudenkehityksen häiriintymistä. [7.]



Kuva 9 Ruiskubetonirobotti (2)

Ruiskubetonin laadun varmistamiseksi tilaaja on määritellyt laadunvarmistuskokeita. Ruiskutustyön aikana tehtävät kokeet, joita tehdään 3 kpl / alkava 100 rb-m³, näitä kokeita ovat [3]:

Betonin notkeus mitataan työmaalla tehtävällä painumakokeella, jossa avonainen kartio täytetään reunojaan myöten betonilla. Betoni tiivistetään sauvalla. Ämpäri sisältöineen asetetaan tasaiselle, imemättömälle alustalle. Kun ämpäri nostetaan pois, betonikartio laskeutuu jonkin verran. Korkeusero kartion yläosan ja laskeutuneen kartion välillä on betonimassan painuma. Painuman tulee olla 100 mm ja 150 mm välillä. [3.]



Kuva 10 Betonin painumakoetarvikkeet (2)

Betonimassan lämpötilaa mitataan jokaisesta kuormasta, mittaamalla betoniautosta tulevan massan lämpötila. Massan tulee olla $+20^{\circ}\text{C}$ ja $+32^{\circ}\text{C}$ välillä. Liian kylmän massan lujuudenkehitys on hitaampaa, kun taas kuumalla se on liian nopeaa. [3.]



Kuva 11 Betonimassan lämpötilamittari

- Projektikohteessa vahvuusporaus suoritetaan aina ennen kuiduttoman lopullisen pinnan ruiskutusta. Vahvuusporauksella varmistetaan, että ruiskutetun kuitupinnan paksuus täyttää sille asetetut vaatimukset. Vahvuusporausreiät porataan kovettuneeseen betoniin vähintään 20 mm kallioporanterällä kallioon saakka, jolloin saadaan selville betonikerroksen paksuus. Vahvuusmittausreikä tulee pyrkiä poraamaan kohtisuoraan kalliota. Jos paksuudelle annetut vaatimukset eivät täyty, tulee reiän ympärille tehdä neljä uutta mittausta n. 600 mm päähän alkuperäisestä. [3] [7.]
- Ruiskubetonimassan kuitupitoisuus ja tiheys mitataan tuoreesta massasta. Kuitupitoisuuskokeella varmistetaan, että ruiskubetonimassassa on vaadittu määrä teräskuituja ja että ne ovat riittävän tasaisesti sekoittuneita massaan. Otettu betonimassa huuhdellaan osissa, ja lasketaan, että onko vaaditun ja toteutuneen määrän välillä poikkeamaa. Ruiskubetonin tiheys määritellään betonin tiiveyskokeella. Tiiveyskokeella varmistetaan, että betonimassa on riittävän tiivis. Kokeessa tiivistetään betonimassaa astiassa, jonka jälkeen sen punnitaan. Punniuksen tulos sijoitetaan laskentataulukkoon, josta tuloksena saadaan betonimassan tiiveys. [7.]

Ruiskubetonista otettavista rakennekoekappaleista tehdään kokeita, joilla varmistetaan lopullisen ruiskubetonipinnan laatu. Rakennekoekappaleista selvitetään betonin puristuslujuus, kuitupitoisuus, pakkasenkestävyys ja vedenpitävyys. Rakennekoekappaleet porataan valmiista ruiskubetonirakenteesta ontolla lieriötimanttiporakruunulla. Porakruunun koko vaihtelee 50 mm ja 125 mm välillä (porattavan rakennekoekappaleen pituus tulee olla enemmän kuin porakruunun halkaisija), riippuen mitä siitä halutaan selvittää. Irti poratut rakennekoekappaleet lähetetään laboratorioon, jossa niille tehdään vaaditut kokeet. [3.]

3 Työsuunnitelma

3.1 Alkutilanne

Työmaakohtaiset laatuvaatimukset tulevat tilaajalta. Tilaaja käyttää hyväkseen laatuvaatimuksia päättäessään kalliolaadulle ja tilojen käyttötarkoitusten mukaan määrättyjä lakeja, määräyksiä ja ohjeita. Alkuperäiset pöytäkirjat on kehitetty tilaajan laatiman rakennuslupakokouksen asettamat laatuvaatimukset huomioiden.

Työmaan alkaessa urakoitsijan tulee tehdä laadunvarmistussuunnitelma. Laadunvarmistussuunnitelman pohjalta tehdään työvaiheiden laatusuunnitelmat ja niihin liittyvät pöytäkirjapohjat rakennuslupakokouksen antamien ohjeiden mukaan. Näitä dokumentteja voidaan kuitenkin kehittää urakoitsijan kannalta helppokäyttöisemmiksi ja projektin aikana selkeämmin tulkittaviksi. Opinnäytetyön taustalla onkin mm. ohjeistuksen kehittäminen/tekeminen laatuvaatimusten saavuttamiseksi ja näin ollen työnaikaisten virheiden välttämiseksi.

3.2 Kehitettävät kohteet

3.2.1 Ohjeet

Pultituksesta ja ruiskubetonoinnista on tehty työvaiheen toteutussuunnitelma, suunnitelma käydään läpi aina perehdytettäessä työvaiheeseen. Opinnäytetyön taustalla on pyrkimys vähentää työvaiheen toteutuksen aikana ilmaantuvia virheitä ja varmistaa, että työ vastaa laatuvaatimuksia kehittämällä yksityiskohtaisempi ohjeistus työvaiheista. Ohjeistus työvaiheen toteutuksesta tulee antaa jokaiselle työvaihetta tekeväälle työntekijälle, sillä jokaisen projektin toimintatavat eroavat toisistaan.

Ohjeissa kerrotaan työvaiheen vaatimat resurssit, kalusto ja materiaalit, työvaiheet ja oikea toteutustapa. Ohjeissa kerrotaan myös työvaiheiden aikana ja jälkeen tapahtuvia laadunvarmistus kokeita ja kuinka ne tulee tehdä. Pohjana laadunvarmistuskokeille käytettiin rakennuslupakokouksen määräyksiä ja toteutustavat näille otettiin alan kirjallisuudesta.

3.2.2 Pöytäkirjat

Pultituspöytäkirjoja voitaisiin kehittää eteenpäin selkeyttämällä pultitetun alueen kartoitusta. Nykyisessä pöytäkirjassa ilmenee kaikki tilaajan vaatimat tiedot, mutta itse pultitetun alueen sijainti ei aina ole täysin pitävästi merkitty. Aliurakoitsijan, pöytäkirjaa ja työn jälkeä tarkastavan työtä voitaisiin helpottaa pöytäkirjaan liitettävällä kartalla. Kartan avulla voitaisiin paikantaa pultitettu alue nopeammin ja tätä kautta laadunseurantaa helpotettua.

Ruiskubetonipöytäkirjojen osalta tilanne on sama kuin pultituspöytäkirjoissa, nykyisestä pöytäkirjasta löytyy kaikki tilaajan vaatima tieto, mutta betonoitavan alueen kuutioiden laskeminen ja nopeampi paikantaminen jälkikäteen helpottuisi pöytäkirjaan liitettävän kartan avulla.

Ruiskubetonin jälkihoitopöytäkirjalla varmistetaan, että betonia hoidetaan vaaditulla tavalla siihen saakka, kunnes se on lujittunut tarpeeksi ja plastisen painuman aiheuttama halkeiluriski on minimoitu. Ruiskubetonin jälkihoitopöytäkirjaa voitaisiin kehittää siten, että jokaisesta ruiskutettavasta alueesta olisi pöytäkirja, johon voitaisiin merkata sen jälkihoitokerrat sille vaaditulta ajalta (2 viikkoa).

4 Toteutus

4.1 Prosessi

Projektikohteessa toteutettiin jokaista työvaihetta, jota tässä opinnäytetyössä käsitellään. Tämä helpottaa dokumenttien kehittämistä siten, että palautteet ja korjaukset dokumentteihin liittyen voidaan laittaa heti täytäntöön ja niiden toimivuus voidaan varmistaa.

Pohjatyö opinnäytetyölle oli tehty heti projektin alkaessa, kun alkuperäiset pöytäkirjat luotiin rakennusselostuksen pohjalta. Korjausehdotukset ja kehitettävät alueet alkuperäisistä dokumenteista kerättiin työnjohdolta ja insinööreiltä, jotka ovat toimineet pidempään kyseisten dokumenttien kanssa. Työntekijöiden ohjeistukseen liittyvät dokumentit

kehitetään alusta saakka RIL:n ja Betoniyhdistyksen antamien ohjeiden ja työmaan rakennusselostuksen mukaisesti.

4.2 Käyttöönotto

Ohjeistusten [liitteet 1, 2 ja 3] ja pöytäkirjojen [liitteet 4, 5 ja 6] kehittelyn jälkeen ne annettiin ensin arvioitavaksi työnjohdolle, insinööreille ja työntekijöille, jotka kyseisten dokumenttien kanssa olivat tekemisissä päivittäin. Korjausehdotukset ja muut lisättävät asiat saatiin siis tehtyä dokumentteihin välittömästi. Korjauksien jälkeen voitiin ottaa dokumentit käyttöön, ohjeistukset annettiin työntekijöille ja uusien pöytäkirjojen täyttäminen käytiin läpi yhdessä.

Dokumenttien oltua käytössä muutaman viikon, pystyttiin selvittämään mitkä asiat kaipaivat vielä hiomista ja missä oli onnistuttu. Lopputuloksena saatiin kehitettyä selkokuusimmat ja työnjohtajien arkea helpottavia dokumentteja, joilla pystytään yksinkertaistamaan laadunseurantaa ja vähentämään sen vaatimaa työmäärää.

5 Pohdinta

Nykypäivänä rakennusalalla dokumenttien täyttö ja raportointi kaikilla osa-alueilla on lisääntynyt. Jokaisella työmaalla tulee uudenlaisia dokumentteja täytettäväksi, mikä taas vähentää työnjohtajan aikaa työn suorituksen valvomisesta.

Työnjohtajien arkeen kuuluu mm. valvontaa, raportointia, dokumentointia, ohjausta, hankintoja, kokouksia ja turvallisuusjohtamista. Näiden kaikkien ylläpitämiseen kuluu todella suuri osa työnjohtajan ajasta, jolloin etenkin isoilla työmailla pienikin helpotus näissä asioissa on tervetullut lisää. Tässä opinnäytetyössä kehitettyjen dokumenttien täytön helpottuessa ja työntekijöiden ohjeistuksella saadaan laadunseurantaa ja sen vaatimaa työmäärä vähemmäksi.

Pöytäkirjojen ja muiden dokumenttien kehittäminen on aina askel eteenpäin parempaa laatua kohti. Tärkeimpänä asiana pidän kuitenkin omaa kirjanpitoa, joka tuntuu itselle luontevalta ja sitä että huolehditaan asioiden valmistuminen oikein, itse dokumentit sitä eivät tee. Tämän opinnäytetyön ajatuksena olikin, että dokumenttien täyttäminen ja tarkastelu helpottuvat ja tätä kautta niiden aiheuttama työmäärä vähenee.

Työmaalla aloitusvaiheessa luotujen pöytäkirjojen ja dokumenttien täyttö on selviö, sillä sitä vaaditaan tilaajan toimesta ja ne ovat myös usein laskutusperuste. Jos ei välttämättömä dokumentti, pöytäkirja tai taulukko lisää tehtävän työn määrää, saattaa sen täyttäminen jäädä helposti tekemättä. Työmaalla tehdään korjauksia ja helpotuksia vanhoihin dokumentteihin ja luodaan uusia niiden käyttötarkoitusten muuttuessa, mutta niiden käyttöönotto onkin se haastavin osuus. Käyttöönoton varmistamiseksi tulisi pöytäkirjojen ja taulukoiden täyttö opastaa jokaiselle asian omaiselle.

6 Yhteenveto

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lemminkäinen Infra Oy:n toimeksiantona, aiheena lujitustöiden laatusurannan kehittäminen maanalaisessa rakentamisessa. Tavoitteena oli kehittää pöytäkirjoja ja luoda ohjeistuksia lujitustöitä tekeville työntekijöille pultituksesta, ruiskubetonisaloituksesta ja ruiskubetonoinnista. Opinnäytetyön projektikohteena toimi Blominmäen jätevedenpuhdistamon louhintaurakka, jossa Lemminkäinen Infra Oy toimi pääurakoitsijana. Opinnäytetyön aineistona käytettiin alan kirjallisuutta, rakennusselostusta ja työmaalla suoritettuja haastatteluja.

Opinnäytetyössä kerättiin alkuperäiset pöytäkirjat ja luotiin uudet ohjeistukset pultitukseen, ruiskubetonisaloitukseen ja ruiskubetonointiin liittyen työntekijöille. Työnjohtajilta, insinööreiltä ja työntekijöiltä kerättyjen parannusehdotusten perusteella kehitettiin dokumentteja työmaalla suoritettavaa laadunseurantaa helpottavaksi.

Laatudokumentteja ja täytettäviä pöytäkirjoja voidaan kehittää jatkuvasti helppokäyttöisemmiksi ja näin tuleekin tehdä, sillä raportointi ja työnlaadun osoittaminen dokumenttien muodossa lisääntyy jatkuvasti nykypäivänä rakennusosalalla. Tämän opinnäytetyön tuloksena luotujen dokumenttien tarkoitus on helpottaa työnjohtajien arkea laadunseuranta dokumentteja yksinkertaistamalla ja varmistamalla, että työntekijät tietävät oikeellisen työvaiheen suoritustapa.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kehitettyä selkeämmiksi pultitus ja ruiskubetonointipöytäkirjoja ja kehittämällä uusi ruiskubetonin jälkihoitopöytäkirja. Työntekijöiden ohjeistuksia luotiin pultituksesta, ruiskubetonisaloituksesta ja ruiskubetonoinnista. Ohjeistukset pitivät sisällään töiden vaatimat resurssit, kaluston ja materiaalit, työvaiheet, niiden toteutustavat ja laadunvarmistukseen liittyviä ohjeita.

Lähteet

- 1 Infrarakentaminen. Verkkodokumentti. Lemminkäinen Oyj. <http://www.lemminkainen.fi/Infrarakentaminen/> Luettu 20.10.2016
- 2 2014. RIL 266-2014 Kalliopultitusohje. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Luettu 22.9.2016
- 3 Rakennusselostus.
- 4 1987. RIL 169-1987 Kalliotilojen rakennusohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Luettu 19.9.2016
- 5 Kalliotilojen vesitiivyyden hallinta. pdf-dokumentti. VTT. 2002. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2147.pdf> Luettu 15.9.2016
- 6 Soronen Henri. 2016. Haastattelu. Espoo
- 7 Petrow, Seppo. 2015. Ruiskubetoniohjeet 2015 by 63. Suomen betoni yhdistys Luettu 10.10.2016

Kuvalähteet

- 1 HSY. 2016. https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/vesihuolto/jatevedenpuhdistus/blominmaki/DDocument/Blominmaki_puhdistamon_rakenne.pdf Luettu 7.11.2016
- 2 Lemminkäinen Infra Oy. 2016. Oskari Väänänen
- 3 CT-Bolt®. Verkkodokumentti. 2016. <http://vikorsta.no/en/Products/Rock-support/CT-Bolt1/> Luettu 1.11.2016
- 4 Kalliotilojen vesitiiviyyden hallinta. pdf-dokumentti. VTT. 2002. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2147.pdf> Luettu 15.9.2016

